

**VISUALISASI 3 DIMENSI KERUSAKAN BANGUNAN MENGGUNAKAN
APLIKASI SKETCHUP DAN ARCGIS
(Studi Kasus: Nagari Kajai , Kec. Talamau, Kab. Pasaman Barat)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar ahli madya pada
Program Studi D3 Teknologi Penginderaan Jauh Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Padang*



DIBUAT OLEH

**GALANG RIDHO SATRIA
18331029**

Pembimbing

**Dr. Arie Yulfa, ST., M.Sc
NIP. 198006182006041003**

PROGRAM STUDI D III TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

JURUSAN GEOGRAFI

FAKULTAS ILMU SOSIAL

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022/2023

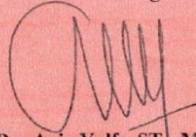
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

Judul : Visualisasi 3 Dimensi Kerusakan Bangunan
Menggunakan Aplikasi *Sketchup* dan *ArcGis* (Studi
Kasus Nagari Kajai, Kec. Talamau, Prov. Pasaman
Barat)

Nama : Galang Ridho Satria
NIM / TM : 18331029/2018
Program Studi : Teknologi Penginderaan Jauh Program Diploma III
Jurusan : Geografi
Fakultas : Ilmu Sosial

Padang, 31 Januari 2023

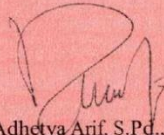
Disetujui Oleh :
Pembimbing



Dr. Arie Yulfa, ST., M.Sc

NIP. 198006182006041003

Mengetahui :
Ketua Prodi Teknologi Penginderaan Jauh



Dian Adhetya Arif, S.Pd., M.Sc
NIP. 199009 20201803 1 001

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN TUGAS AKHIR

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Penginderaan Jauh Program Diploma Tiga
Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial
Universitas Negeri Padang
Pada Hari Selasa, Tanggal 31 Januari 2023 Pukul 14.30 WIB

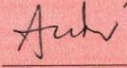

**VISUALISASI 3 DIMENSI KERUSAKAN BANGUNAN MENGGUNAKAN
APLIKASI *SKETCHUP* DAN *ARCGIS***

(Studi Kasus Nagari Kajai, Kec. Talamau, Prov. Pasaman Barat)


Nama : Galang Ridho Satria
TM/NIM : 2018 / 18331029
Program Studi : Teknologi Penginderaan Jauh Program Diploma III
Jurusan : Geografi
Fakultas : Fakultas Ilmu Sosial

Padang, 31 Januari 2023

Tim Penguji :

| | Nama | Tanda Tangan |
|---------------------|--------------------------------|---|
| Ketua Tim Penguji | : Febriandi, S.Pd., M.Si |  |
| Anggota Tim Penguji | : Sri Kandi Putri, S.Si., M.Sc |  |

Mengesahkan
Dekan FIS UNP


Dr. Siti Fatimah, M.Pd., M.Hum
NIP. 196102 18198403 2 001



UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS ILMU SOSIAL
JURUSAN GEOGRAFI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH
Jl. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171 Telp. (0751) 7055671 Fax (0751) 7055671

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Galang Ridho Satria
NIM / BP : 18331029 / 2018
Jurusan/Prodi : Teknologi Penginderaan Jauh Program Diploma Tiga
Fakultas : Ilmu Sosial

Dengan ini menyatakan, bahwa tugas akhir saya dengan judul :

“Visualisasi 3 Dimensi Kerusakan Bangunan Menggunakan Aplikasi *Sketchup* Dan *Arcgis* (Studi Kasus: Nagari Kajai , Kec. Talamau, Prov. Pasaman Barat)” adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh,
Ketua Prodi Teknologi Penginderaan Jauh

Dian Adhetya Arif, S.Pd.,M.Sc

NIP. 199009 20201803 1 001

Padang, 31 Januari 2022
Saya yang menyatakan



Galang Ridho Satria
NIM/BP : 18331029 / 2018

VISUALISASI 3 DIMENSI KERUSAKAN BANGUNAN MENGGUNAKAN APLIKASI *SKETCHUP* DAN *ARCGIS*

(Studi Kasus: Nagari Kajai ,Talamau, Pasaman Barat)

Oleh:
Galang Ridho Satria

*Program Studi Teknologi Penginderaan Jauh, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas
Negeri Padang*

Galangridhos04@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan peta 3 Dimensi kerusakan bangunan akibat Gempabumi di Nagari Kajai pada tanggal 25 Februari 2022 dengan *Level Of Detail - Level 2* dan 5 kelas kerusakan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Overlay* yang diawali dengan tahapan pra-lapangan, dimulai dengan pengolahan data citra *SASPlanet* tahun 2020 sebagai citra resolusi dalam melakukan koreksi digitasi yang di *overlay* dengan data OSM dan KKL 25 Februari 2022. Dilanjutkan dengan tahapan kerja lapangan berupa pemotretan kawasan terbangun dan pengumpulan *sample* titik kerusakan bangunan sebagai media uji akurasi. Dan diakhiri dengan tahap pasca lapangan yang meliputi *analyst GIS (Geographic Information System)* yang di *overlaying* dengan data DEM menjadi model 3 Dimensi. Pemodelan 3 Dimensi ini dilakukan dengan melakukan desain bangunan 5 kelas kerusakan menggunakan aplikasi *SketchUp* lalu di input dengan *tools Replace 3D Model* pada aplikasi *ArcScene* sebagai media *overlay* bentang alam dan model 3 dimensi bangunan.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini adalah berupa peta visualisasi model 3 Dimensi *terrain* atau bentang alam Nagari Kajai Kecamatan Talamau, Kabupaten Pasaman Barat dan Visualisasi Kerusakan Bangunan 5 kelas pasca gempa di Nagari Kajai pada tanggal 25 Februari 2022 yang telah diolah adalah sejumlah 1.250 data bangunan terdampak bencana alam gempa bumi dengan rincian 37 tidak rusak, 462 rusak ringan, 406 rusak sedang, 343 rusak berat, dan 10 hancur/hilang.

Kata Kunci : 3 Dimensi, Bencana Gempa Bumi, Nagari Kajai

ABSTRACT

This study aims to visualize a 3-dimensional map of building damage due to the earthquake in Nagari Kajai on February 25 2022 with Level Of Detail - Level 2 and 5 damage classes. The method used in this study is Overlay which begins with the pre-field stage, which begins with processing of SAS Planet 2020 image data as a resolution image in carrying out digitization corrections which are overlaid with OSM and KKL data on February 25, 2022. Followed by field work stages in the form of shooting built-up areas and collecting samples of building damage points as a medium for testing accuracy. And ends with the post-field stage which includes GIS (Geographic Information System) analysts who are overlaid with DEM data to become a 3D model. This 3D modeling is done by designing buildings with 5 classes of damage using the SketchUp application and then inputting it with the Replace 3D Model tool in the ArcScene application as a media for overlaying landscapes and 3-dimensional models of buildings.

Based on the results of this study, it is a 3D model visualization map terrain or the landscape of Nagari Kajai, Talamau District, West Pasaman Regency and Post-Earthquake Damage Visualization of Buildings in Nagari Kajai on February 25 2022, which has processed a total of 1.250 building data affected by the earthquake natural disaster with details of 37 not damaged, 462 slightly damaged, 406 were moderately damaged, 343 were heavily damaged, and 10 were destroyed/missing.

Keywords : 3 Dimensional, Earthquake, Nagari Kajai

KATA PENGANTAR



Puji dan Syukur, Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT atas rahmat, barokah, Ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “**Visualisasi 3 Dimensi Kerusakan Bangunan Menggunakan Aplikasi *SketchUp* dan Arc GIS**”. Penyusunan Tugas Akhir ini selain merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk gelar Ahli Madya D3 Pada Program Studi Teknologi Penginderaan Jauh Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang dan juga di maksudkan untuk menambah wawasan di bidang pemetaan.

Pada kesempatan ini izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih dan rasa hormat atas segala bentuk bantuan yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Orang Tua Penulis yang telah memberikan dukungan yang sebesar-besarnya kepada penulis secara materi maupun non materi kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kepala Prodi Teknologi Penginderaan Jauh Dian Adhetya Arif, S.Pd.,M.Sc.
3. Dosen Pembimbing saya Dr. Arie Yulfa, ST.,M.Sc yang telah membimbing saya dalam pembuatan tugas akhir ini dan saran kepada penulis.
4. Dosen Penguji I saya Febriandi, S.Pd.,M.Si yang telah memberikan masukan guna kesempurnaan tugas akhir ini.
5. Dosen Penguji II saya Sri Kandi Putri, S.Si.,M.Sc. yang telah memberikan masukan guna kesempurnaan tugas akhir ini.

6. Seluruh Staf dan Dosen Pengajar pada Jurusan Teknologi Penginderaan Jauh yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
7. Teman-teman prodi satu Angkatan 2018 D3 Teknologi Penginderaan Jauh yang telah memberikan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis menyadari banyaknya terdapat kekurangan, kesalahan dan kekhilafan karena keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu sebelumnya penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi perbaikan yang bersifat membangun untuk perbaikan penyusunan selanjutnya.

Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca dan peneliti selanjutnya

Padang, Januari 2023

Galang Ridho Satria

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 3 |
| C. Tujuan Penelitian..... | 3 |
| D. Manfaat Penelitian..... | 4 |
| E. Batasan Penelitian..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| A. Kajian Teori | 5 |
| 1. Gempa Bumi | 5 |
| 2. Model 3 Dimensi..... | 7 |
| 3. Penginderaan Jauh | 9 |
| 4. Sistem Informasi Geografis | 10 |
| 5. DEM (<i>Digital Elevation Model</i>) | 11 |
| 6. <i>Digital Terrain Model</i> (DTM) | 12 |
| 7. <i>Digital Surface Model</i> (DSM)..... | 13 |
| 8. OSM..... | 14 |
| 9. <i>Google SketchUp</i> | 15 |
| 10. SAS Planet | 16 |
| 11. Google Earth Engine (Satellite) | 16 |
| 12. Level of Details (LOD) pada model 3D..... | 17 |
| B. Penelitian Relevan..... | 20 |
| C. Kerangka Konseptual..... | 25 |
| BAB III BAHAN DAN METODE..... | 26 |
| A. Alat dan Bahan..... | 26 |
| B. Waktu dan Lokasi Penelitian..... | 27 |
| C. Teknik Pengumpulan Data | 27 |
| D. Teknik Pengolahan Data | 28 |
| E. Diagram Alir..... | 29 |

| | |
|---|-----------|
| BAB IV DESKRIPSI WILAYAH | 32 |
| A. Kondisi Fisik..... | 32 |
| B. Kondisi Kependudukan..... | 32 |
| C. Kondisi Sosial | 33 |
| D. Data Kerusakan Bangunan..... | 33 |
| BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 35 |
| A. Hasil Penelitian..... | 35 |
| 1. Model Visualisasi 3D Kerusakan Bangunan & <i>terrain</i> Nagari Kajai..... | 35 |
| 2. Dokumentasi Lapangan..... | 61 |
| B. Pembahasan Penelitian..... | 63 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | 65 |
| A. Kesimpulan..... | 65 |
| B. Saran | 65 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 66 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----------|
| Tabel 1 : Penelitian Relevan..... | 24 |
| Tabel 2 : Alat dan Bahan..... | 26 |
| Tabel 3 : Data Serta Sumber Data..... | 27 |
| Tabel 4 : Data Tingkat Pendidikan Penduduk..... | 33 |
| Tabel 5 : Banyaknya Sarana Kesehatan Kec. Talamau 2020 | 33 |
| Table 6 : Data Kerusakan Bangunan | 34 |
| Table 7 : Pembagian Jorong Nagari Kajai | 44 |
| Table 8 : Akuisisi Data DEM | 48 |
| Table 9 : Akuisisi Data SAS Planet | 50 |
| Table 10 : Penggunaan Data Basemap..... | 51 |
| Table 11 : Akuisisi Data OSM | 53 |
| Table 12 : Processing Citra | 54 |
| Table 13 : Proses Koreksi Peta Menggunakan ArcMap | 55 |
| Tabel 14: Langkah Pembuatan..... | 60 |
| Tabel 15 : Dokumentasi Lapangan..... | 62 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1 : DEM analysis..... | 12 |
| Gambar 2 : Data DTM dan DSM..... | 14 |
| Gambar 3 : Level of Detail | 19 |
| Gambar 4 : Kerangka Konseptual..... | 25 |
| Gambar 5 : Diagram Alir | 31 |
| Gambar 6 : Peta Zonasi Kerusakan Bangunan..... | 36 |
| Gambar 7 : Zona Kerusakan Ringan..... | 37 |
| Gambar 8 : Zona Kerusakan Sedang..... | 38 |
| Gambar 9 : Zona Kerusakan Berat..... | 39 |
| Gambar 10 : Desain 5 Kelas Kerusakan Bangunan | 39 |
| Gambar 11 : Tingkat Kerusakan Level 1 | 40 |
| Gambar 12 : Tingkat Kerusakan Level 2 | 41 |
| Gambar 13 : Tingkat Kerusakan Level 3 | 41 |
| Gambar 14 : Tingkat Kerusakan Level 4 | 42 |
| Gambar 15 : Tingkat Kerusakan Level 5 | 43 |
| Gambar 16 : Pemetaan Berdasarkan Administrasi..... | 43 |
| Gambar 17 : Pemetaan 3 Dimensi Kerusakan Bangunan | 45 |
| Gambar 18 : Bentang Lahan | 46 |
| Gambar 19 : Diagram Rincian Kerusakan Bangunan | 60 |
| Gambar 20 : Daerah Perbukitan..... | 63 |

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada era teknologi ini pengembangan yang dilakukan oleh manusia dapat di permudah dalam penyajian informasi dunia atau wilayah secara jelas dan menarik. Dalam penyajian peta sendiri, dimana pada saat ini kebanyakan penyajian peta hanya menampilkan peta 2 Dimensi (2D), dalam hal ini peta tematik, peta dasar, peta RBI, dan peta lainnya.

Peta 2 Dimensi sendiri merupakan peta yang dapat dikatakan juga sebagai peta datar, yaitu peta yang dibuat pada suatu bidang datar, misalnya pada sebuah kertas. Unsur-unsur yang dapat dilihat pada peta yang ada pada bidang datar adalah panjang dan lebarnya. Untuk mengetahui bentuk asli dari permukaan bumi umumnya digambarkan dengan perbedaan *symbol* warna atau *symbol* angka misalnya untuk menunjukkan ketinggian, pembuatan peta ini ditujukan untuk beberapa kepentingan dalam sebuah penelitian. Sebagai contoh: Peta Topografi, peta administrasi, dan peta *statistic*.

Dalam perkembangan zaman, peta 2 Dimensi (2D) sudah dapat di kembangkan menjadi sebuah peta 3 Dimensi (3D), yang tentunya perkembangan ini dapat mempermudah pembaca atau peneliti untuk menganalisis objek atau informasi yang terdapat di dalam peta tersebut. Peta 3 Dimensi (3D) ini dapat di sebut juga sebagai peta relief, dikarenakan oleh peta ini dibuat berdasarkan bentuk permukaan bumi sebenarnya. Pada peta relief, selain unsur ruang yang berupa panjang dan lebar disajikan pula unsur ketinggian. Dengan kata lain, pada peta relief kita dapat melihat relief muka bumi dengan lebih jelas. Contohnya, *maket*.

Pada saat ini dapat di lihat bahwa hampir semua animasi dan iklan sudah mengadopsi model 3 Dimensi. Perkembangan teknologi dari komputer sendiri secara tidak langsung mampu menampilkan sebuah peta dalam bentuk visualisasi 3 Dimensi dengan menggunakan sebuah perangkat

lunak (*Software*). Peta 3 dimensi (3D), yaitu peta yang dapat memvisualisasikan secara 3 dimensi bentuk keruangan suatu wilayah tertentu sehingga dapat di tampilkan keadaan nyata dari keseluruhan maupun sebagian dari wilayah tersebut. Penggambaran dari keseluruhan permukaan bumi yang dilihat dari atas, kemudian dapat di perbesar dan di perjelas dengan perbandingan tertentu .Model 3 Dimensi (3D) disajikan dengan penggunaan lahan, yang mempermudah kita dalam melihat kenampakan wilayah secara berbentuk model 3 Dimensi (3D).

Pemanfaatan dari peta 3D sendiri sekarang sudah dipopulerkan dan sangat dibutuhkan dalam pemetaan suatu wilayah atau pemukiman. Dengan memanfaatkan teknologi yang ada sekarang, tidak menutup kemungkinan bahwa gambaran 3D dapat dimanfaatkan dalam berbagai macam bidang yang mencakup penataan bangunan dan ruang, dalam kasus ini diharapkan peta 3D dapat menampilkan berbagai level kerusakan dari sebuah bangunan yang diakibatkan bencana alam. Contohnya, Gempa Bumi.

Gempa Bumi sendiri merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, ini disebabkan oleh karena secara geologis Kepulauan Indonesia berada pada jalur penunjaman lempeng bumi, seperti penunjaman Lempeng Samudera Indo-Australia dengan Lempeng benua Eurasia yang memanjang dari pantai barat Sumatra hingga pantai selatang Jawa terus ke timur sampai Nusa Tenggara. Jalur penunjaman lempeng bumi di wilayah Kepulauan Indonesia merupakan jalur penyebab gempa tektonik yang mana bersifat regional dan umumnya kerusakan yang ditimbulkan sangat parah. Sebagian jalur Gempa Bumi tersebut berada di laut sehingga sangat berpotensi menimbulkan bencana tsunami.

Salah satu wilayah rawan gempa di Indonesia adalah Pulau Sumatra karena kondisi geografisnya yang dilalui sesar, zona subduksi, dan gunung berapi, yang menyebabkan Pulau Sumatra sering terjadi Gempa Bumi. Pada tanggal 25 Februari tahun 2022 telah terjadi suatu peristiwa Gempa Bumi beruntun dengan kekuatan M 5,2 dan 6,2 yang melanda Kabupaten Pasaman

Barat. Di Nagari Kajai gempa tersebut dilaporkan menyebabkan puluhan rumah mengalami rusak berat.

Nagari Kajai sendiri berada di Kecamatan Talamau, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatra Barat, dengan luas Nagari: 111,58 km², atau 34,41 persen dari luas wilayah Kecamatan Talamau. Nagari ini memiliki 8 jorong yaitu: Mudiak Simpang, Timbo Abu, Limpato, Kampung Alang, Lubuak Sariak, Pasa Lamo, Rimbo Batu, Tanjung Beruang. Nagari ini diperkirakan memiliki 29.805 jiwa penduduk dengan rincian terdiri dari 15.225 laki-laki dan 14.580 perempuan pada tahun 2020. (Badan Pusat Statistik Kabupaten Pasaman Barat 2021)

Dalam hal ini pembuatan peta 3 Dimensi kerusakan bangunan bisa dijadikan sebuah inovasi pengembangan terkait pemetaan sebuah wilayah terdampak bencana alam untuk melengkapi penelitian yang berkaitan dengan pemetaan daerah penelitian yaitu Nagari Kajai, Talamau, Pasaman Barat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut terdapat rumusan masalah yaitu:

- a. Bagaimana memvisualisasikan secara 3 Dimensi bentang lahan di Nagari Kajai, Talamau, Pasaman Barat.
- b. Bagaimana memvisualisasikan kerusakan bangunan secara 3 Dimensi di Nagari Kajai, Talamau, Pasaman Barat menggunakan 5 kelas kerusakan dan tingkat kedetailan LOD Level 2 ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut dapat diidentifikasi tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memvisualisasikan secara 3 Dimensi bentang lahan di Nagari Kajai, Talamau, Pasaman Barat.

- b. Memvisualisasikan kerusakan bangunan secara 3 Dimensi pasca Gempa Bumi di Nagari Kajai, Talamau, Pasaman Barat menggunakan 5 kelas kerusakan dan tingkat kedetailan LOD Level 2

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari Penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Peta ini dapat di jadikan sebagai penunjang untuk pengembangan Nagari Kajai, Talamau, Pasaman Barat kedepannya.
- b. Sebagai bahan penelitian terkait foto udara, pemodelan 3D, dan metode semi otomatis selanjutnya.
- c. Dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan terkait mitigasi pasca bencana pada daerah terdampak bencana alam.

E. Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Dikarenakan keterbatasan tenaga, biaya dan waktu, penelitian ini tidak dapat mencakup semua daerah di Nagari Kajai.

BAB V

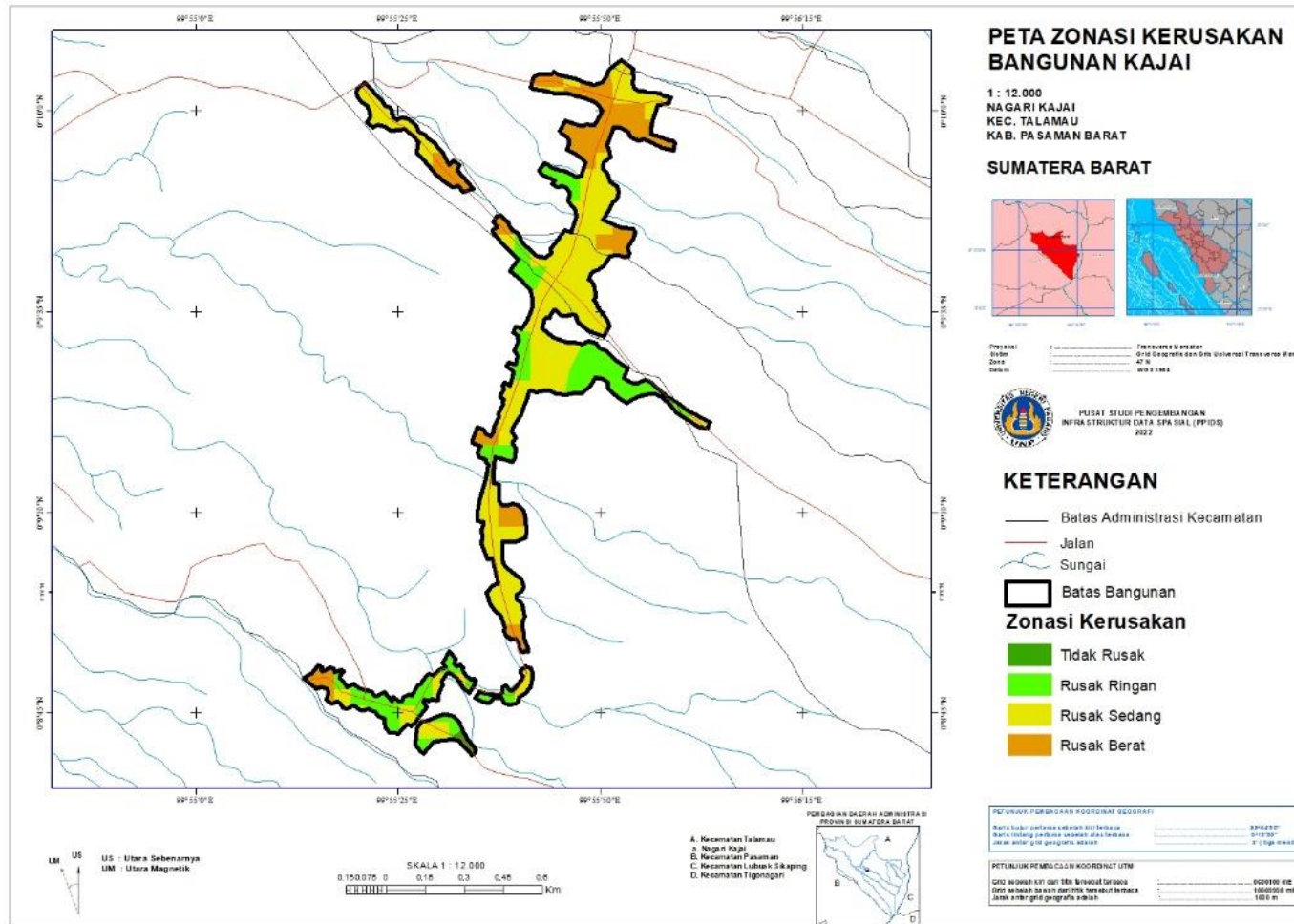
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Indonesia adalah negara yang secara geografis merupakan wilayah yang terletak pada rangkaian daerah cincin api atau *ring of fire*, Kawasan yang terletak diantara pertemuan tiga lempeng tektonik dunia berupa Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia dan Lempeng Pasifik. Sehingga Indonesia berada pada Kawasan yang rawan akan bencana alam akibat tabrakan lempeng ini terutama bencana gempa bumi. Akibat dari terjadinya gempa bumi ini manusia bisa mengalami kerugian materil ataupun kerugian immaterial. Seperti hasil penelitian berikut ini pada salah satu daerah Kabupaten Pasaman Barat di Nagari Kajai, yang mengalami kerugian materil banyaknya perumahan dan bangunan-bangunan di sekitar Kawasan yang mengalami kerusakan akibat terjadinya gempa bumi pada tahun 2022 yang lalu. Lebih lengkapnya akan dijelaskan pada pembahasan berikut ini.

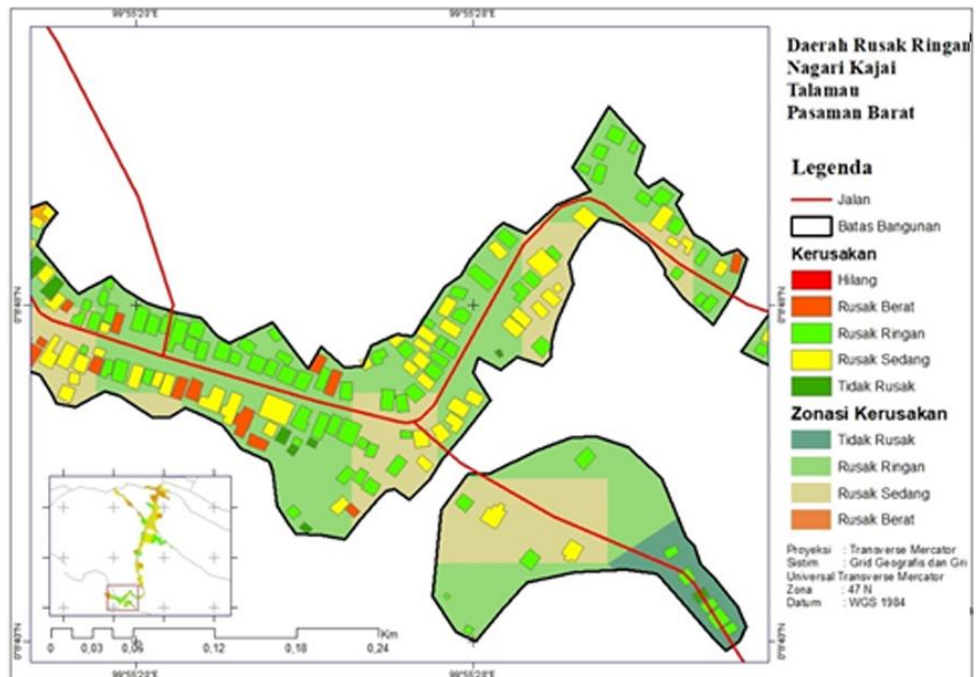
1. Model Visualisasi 3D Kerusakan Bangunan & *terrain* Nagari Kajai

Berdasarkan dari data KKL Nagari Kajai 2022 yang di Overlay bersama visualisasi Demnas dan Citra SAS Planet dengan koordinat 47N 603443 0017714 UTM yang di peroleh setelah kejadian gempa diperoleh dengan digitasi *On Screen & Grid Index Map*, yang berlokasi di Nagari Kajai Kecamatan Talamau Pasaman Barat. Terlihat gambaran kerusakan bangunan sesuai zonasi kerusakan tidak rusak, rusak ringan, Rusak sedang dan rusak berat seperti yang disajikan peta berikut.



Gambar 6 : Peta Zonasi Kerusakan Bangunan

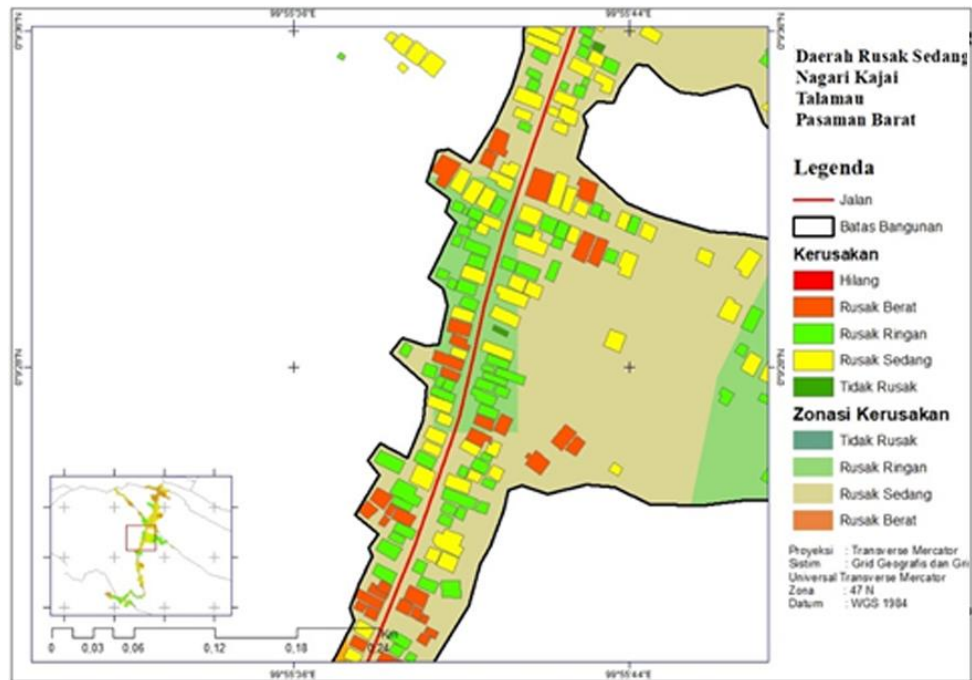
Peta diatas merupakan hasil zonasi menggunakan tools Interpolation pada aplikasi ArcMap berdasarkan SHP kerusakan bangunan. Pada daerah tersebut terdapat 3 zona kerusakan berdasarkan tingkat kerusakan ringan, sedang, dan berat.



Gambar 7 : Zona Kerusakan Ringan

Zona Pertama yaitu zona kerusakan ringan, dimana zona ini berada jauh dari titik patahan akibat gempa, sehingga kerusakan pada daerah ini tidak terlalu berat dan lebih dominan rusak ringan.

Daerah ini di indikasikan dengan warna dominan ke hijau gelap dan hijau terang, yang mengartikan daerah ini mengalami rusak yang tidak terlalu berat.



Gambar 8 : Zona Kerusakan Sedang

Selanjutnya pada daerah kedua yaitu zone kerusakan sedang, secara berangsur zona ini semakin mendekati arah patahan akibat gempa yang menyebabkan tingkat kerusakan daerah ini tergolong cukup berat.

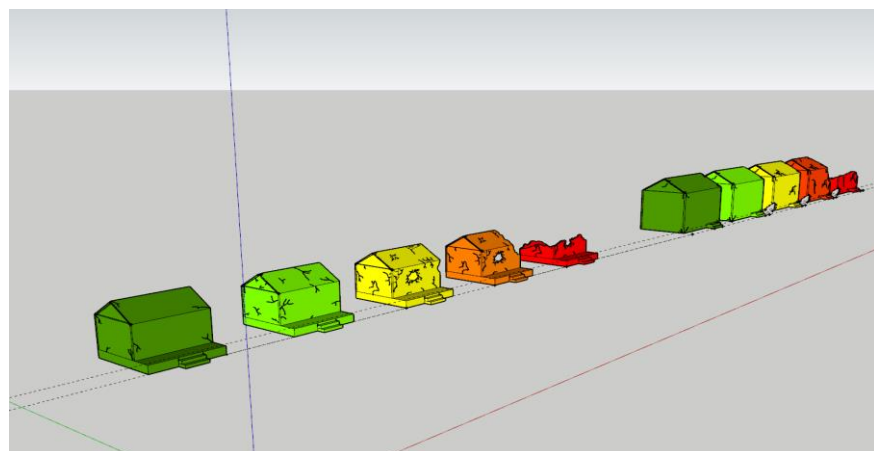
Pada peta di atas, daerah ini di indikasikan dengan warna dominan kuning lalu diikuti dengan warna jingga sebagai simbolisasi kerusakan sedang dan berat.



Gambar 9 : Zona Kerusakan Berat

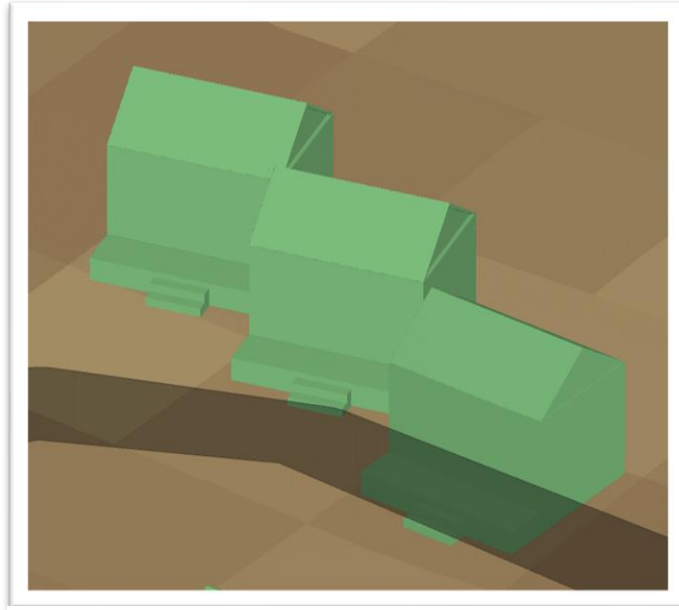
Terakhir, merupakan zona yang terdampak langsung secara kuat oleh kekuatan gempa dan patahan, daerah ini mengalami kerusakan yang sangat parah dimana pada hasil data yang diolah kerusakan bangunan pada daerah ini dominan ke rusak berat.

Daerah ini di indikasikan dengan warna yang lebih condong kearah jingga diikutu dengan warna kuning sebagai simbolisasi kerusakan berat dan kerusakan sedang.



Gambar 10 : Desain 5 Kelas Kerusakan Bangunan

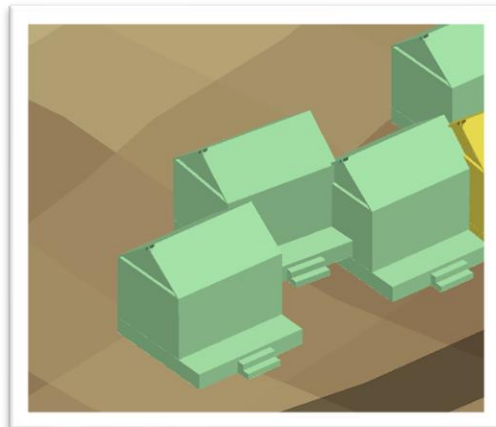
Selain itu penggunaan aplikasi Arc Scene disini berfungsi untuk menampilkan bentang lahan dan bentuk bangunan hasil desain tadi menjadi susunan bangunan di daerah kajian, selain itu warna pada setiap bangunan juga mewakili tingkat kerusakan yang terjadi di daerah tersebut berdasarkan 5 kelas :



Gambar 11 : Tingkat Kerusakan Level 1

Gambar diatas merupakan bentuk tipe kerusakan level 1 yang sudah di desain dan di input ke dalam aplikasi *ArcScene*. Terlihat bentuk bangunan masih utuh dan tidak ada kerusakan yang terlihat.

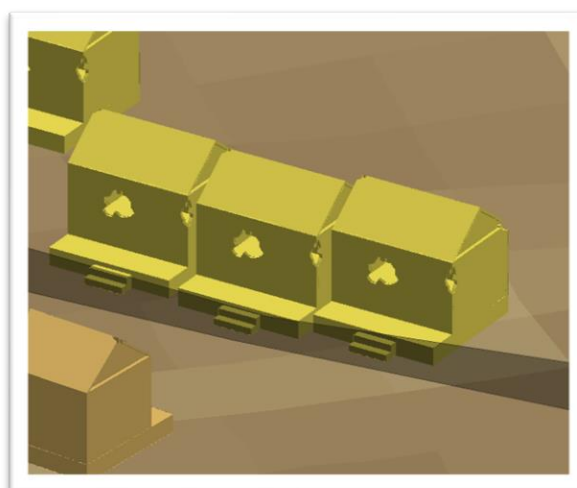
Pada pendekatan lapangan sendiri tipe kerusakan ini jarang terlihat karena tingkat kerusakan di Nagari Kajai sendiri tergolong cukup parah.



Gambar 12 : Tingkat Kerusakan Level 2

Gambar diatas merupakan bentuk tipe kerusakan Level 2 yang di desain dengan aplikasi *Sketchup* dan di input ke dalam aplikasi *ArcScene*. Pada tipe kerusakan ini sudah mulai terlihat bentuk kerusakan yang terjadi, dimana sebagian atap rumah sudah ada yang pecah.

Tipe kerusakan ini adalah tipe kerusakan yang paling banyak di temukan di Nagari Kajai, tingkat kerusakannya bisa ada di antara level 2 dan 3.



Gambar 13 : Tingkat Kerusakan Level 3

Pada tingkat kerusakan level 3 ini, sudah terlihat bentuk rumah yang mulai hancur di beberapa sisi terutama bagian depan dan samping. Kerusakan ini terjadi karena struktur bangunan sudah memasuki level kerusakan ringan.

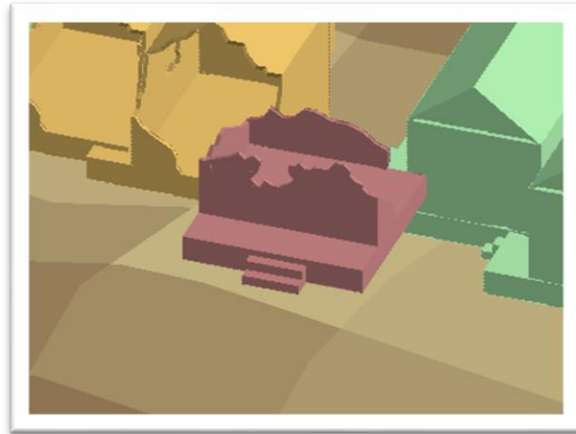
Tingkat kerusakan ini adalah salah satu tingkat kerusakan yang paling banyak di temui di daerah penelitian, sekitar 390 rumah ada pada level ini.



Gambar 14 : Tingkat Kerusakan Level 4

Rumah yang berada pada tingkat kerusakan ini sudah bisa di katakan tidak layak huni, karena struktur bangunan sudah mengalami kerusakan sedang yang menyebabkan sebagian rumah sudah runtuh dan hancur.

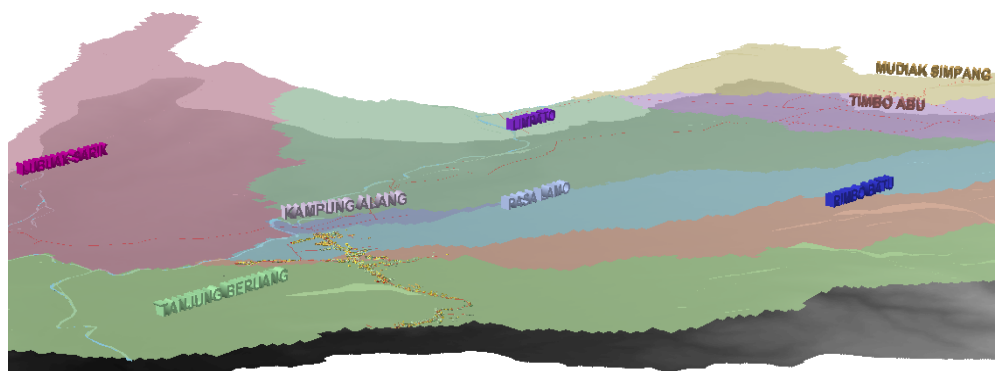
Sedangkan pada kerusakan non struktur sudah termasuk ke level kerusakan berat dimana bagian tembok dan atap sudah mengalami keretakan yang cukup parah.



Gambar 15 : Tingkat Kerusakan Level 5

Gambar diatas adalah tipe kerusakan yang di karegorikan berdasarkan skala EMS 1998 yaitu hancur atau hilang, dimana tingkat kerusakan pada struktural sudah sepenuhnya *collapse* atau runtuh. Level ini tergolong sedikit di temukan di daerah penelitian. Tipe kerusakan ini biasa terjadi pada tipe rumah semi permanen.

Pada aplikasi ArcScene dan SketchUp bentuk tipe kerusakan ini di simbolisasikan dengan warna merah. Ini adalah tipe kerusakan terakhir yang ada pada tingkat skala kerusakan EMS 1998.



Gambar 16 : Visualisasi 3D Berdasarkan Administrasi

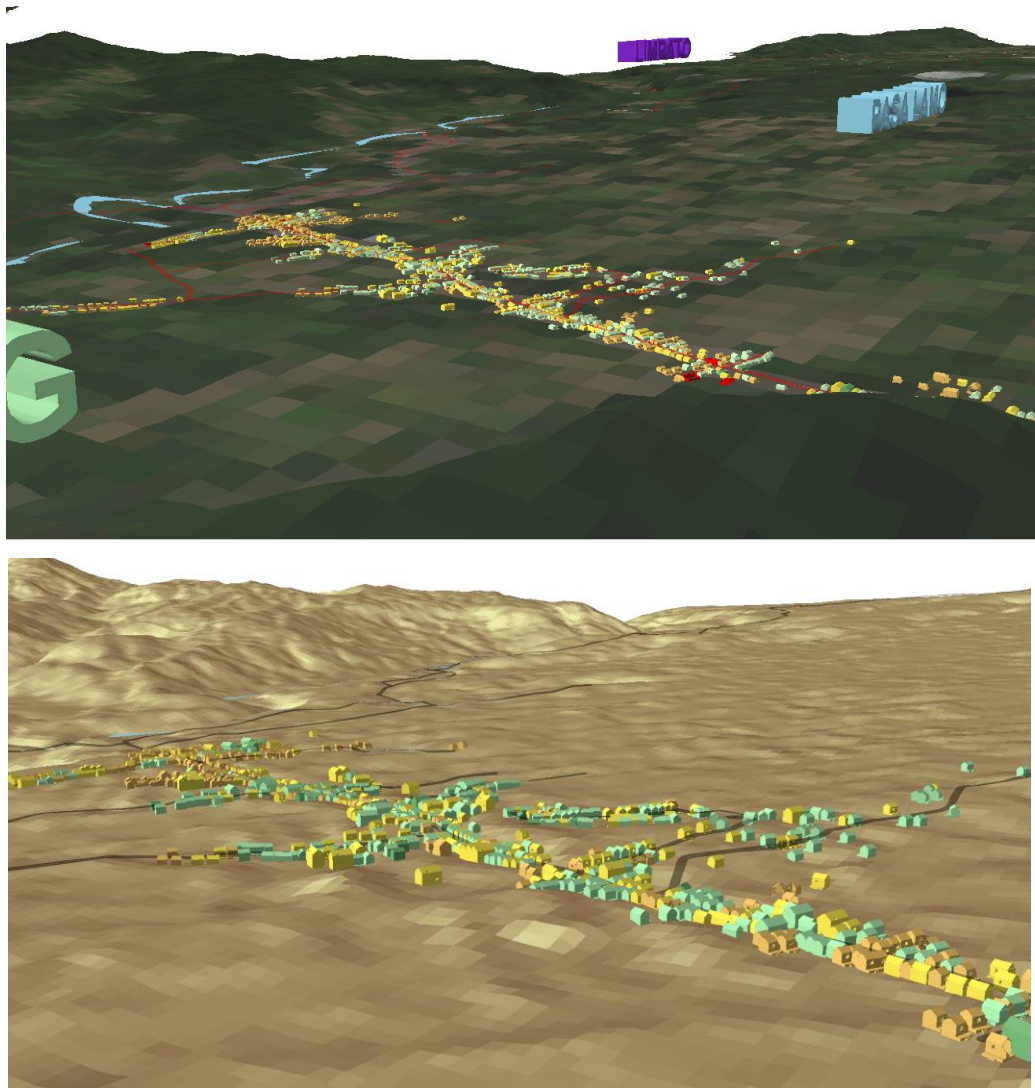
Peta diatas adalah bentuk administrasi dari Nagari Kajai dengan urutan simbolisasi sebagai berikut:

| JORONG | WARNA |
|------------------------|--------------|
| Tanjung Beruang | Hijau |
| Rimbo Batu | Jingga |
| Pasa Lamo | Biru Muda |
| Kampung Alang | Ungu |
| Lubuak Sarik | Merah |
| Limpato | Hijau Gelap |
| Timbo Abu | Merah Muda |
| Mudiak Simpang | Kuning |

Table 7 : Pembagian Jorong Nagari Kajai

Pada gambar dan tabel diatas didapatkan rincian administrasi dari Nagari Kajai dengan jumlah 8 jorong, Nagari Kajai sendiri memiliki luas yaitu 111,58 kilometer persegi, atau 34,41 persen dari luas wilayah Kecamatan Talamau berdasarkan Kecamatan Talamau dalam Angka 2018, BPS Kabupaten Pasaman Barat.

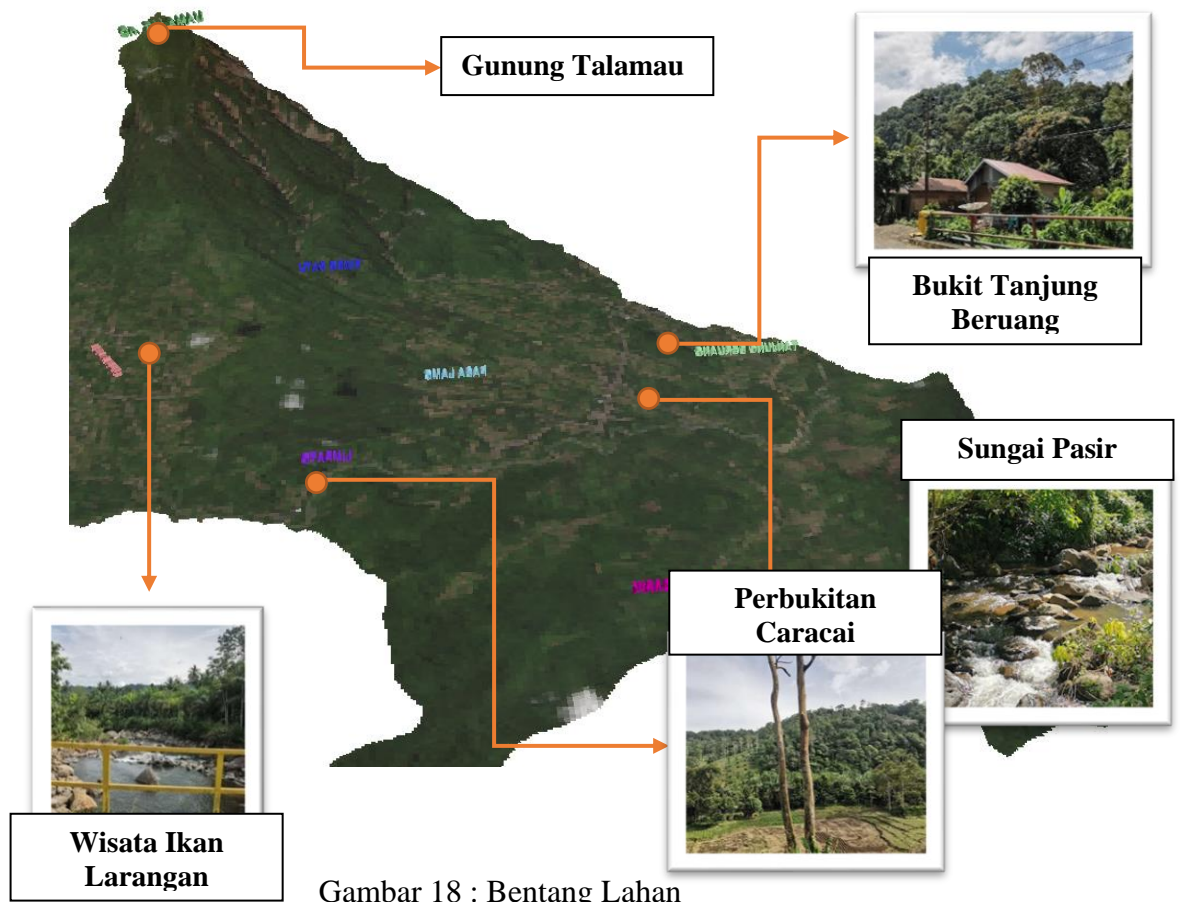
Kecamatan Talamau berbatasan langsung dengan Kabupaten Pasaman (Utara), Kecamatan Pasaman (Selatan), Kecamatan Gunung Tuleh (Barat), Kabupaten Pasaman (Timur).



Gambar 17 : Visualisasi 3 Dimensi Kerusakan Bangunan

Pada pemetaan 3 Dimensi kerusakan bangunan seperti gambar diatas, dapat dilihat pola perumahan yang ada di Nagari Kajai memanjang mengikuti jalan, pada observasi lapangan sendiri di temukan bahwa bentuk pola perumahan ini terjadi karena Nagari Kajai tergolong masih dominan perkebunan dan hutan.

Hal ini membuat Nagari Kajai terlihat masih asri dan belum banyak pembangunan yang difokuskan di daerah ini. Mata pencaharian warga di daerah ini juga masih dominan bertani dan berkebun.




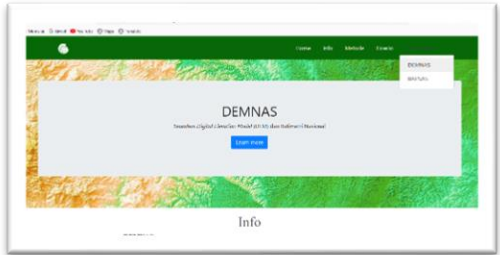
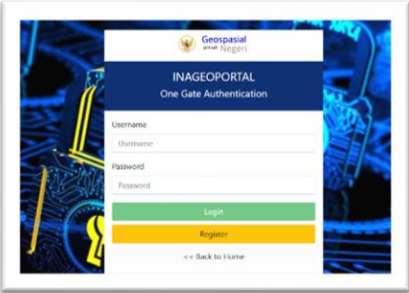
Peta Bentang Lahan secara 3 Dimensi daerah Nagari Kajai, terlihat bahwa daerah ini berada pada kaki Gunung Talamau, hal ini mengindikasikan bahwa tingkat bencana alam yang terjadi di daerah ini cukup tinggi.

Selain itu juga di temukan sungai bebatuan besar yang di sebut sebagai Wisata Ikan Larangan. Selain itu, perbukitan di daerah ini juga tergolong banyak ditemukan.

Berikut adalah rincian pengumpulan data dan pembuatan peta:

1. Pengumpulan Data

1) DEMNAS

| NO | Screenshot | Deskripsi |
|----|--|---|
| 1 |  | <p>Membuka Website DEMNAS</p> <p>https://tanahair.indonesia.go.id/47emand/#/.</p> |
| 2 |  | <p>Membuka tab Download dan memilih opsi DEMNAS.</p> |
| 3 |  | <p>Melakukan login pada website DEMNAS.</p> |


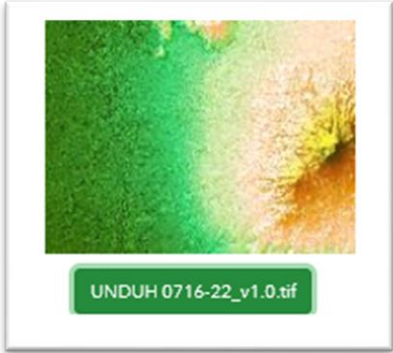
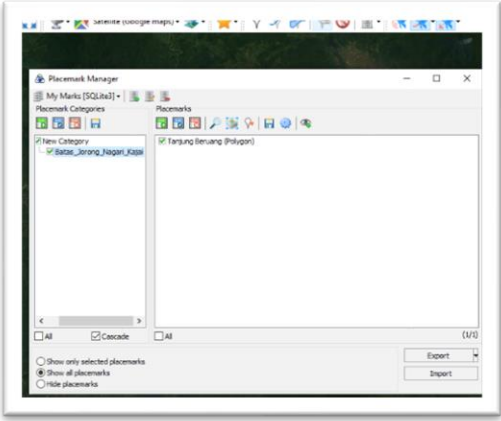
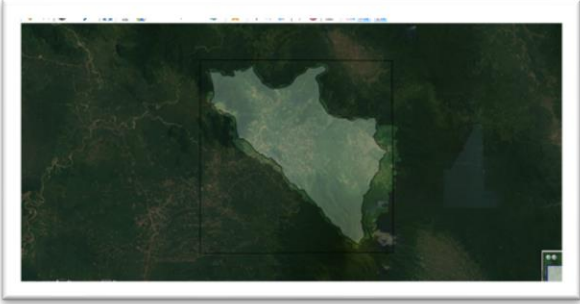
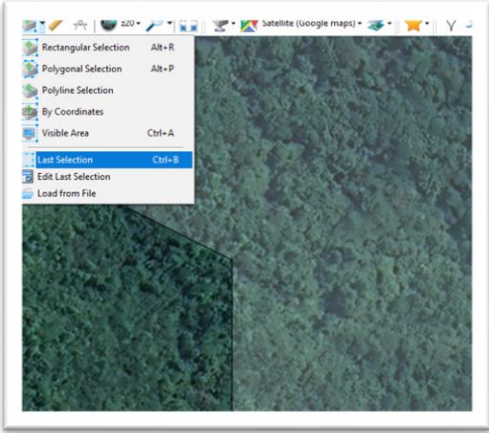
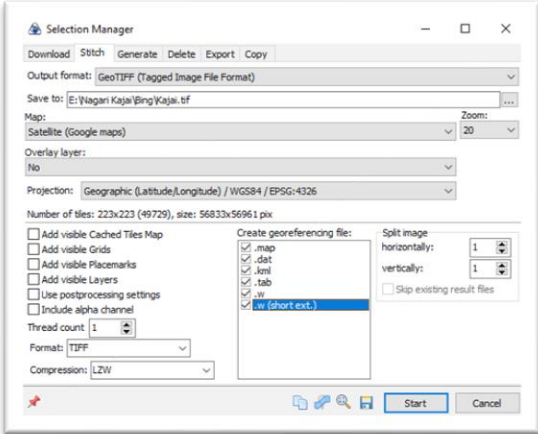
| | | |
|---|--|--|
| 4 |  | Mengunci daerah penelitian dengan meng-klik kanan pada daerah yang di pilih. |
| 5 |  | Meng-klin tombol unduh untuk langsung melakukan akuisis data DEMNAS. |

Table 8 : Akuisisi Data DEM

2) Citra Nagari Kaji (SAS Planet & Basemap)

- Sas Planet

| NO | Screenshot | Deskripsi |
|----|--|--|
| 1 |  | Membuka aplikasi Sas Planet dan memilih menu Placemark Manager – Lalu Import Data Administrasi daerah yang akan di kaji. |

| | | |
|---|--|---|
| 2 |  | Setelah data administrasi diinput lakukan streaming peta dengan cara melakukan zoom sesuai tingkat kedetailan yang di butuhkan. |
| 3 |  | Setelah Streaming selesai dilakukan, pilih menu selection – dan pilih Last Selection. |
| 4 |  | Lakukan pengaturan seperti pada gambar. |

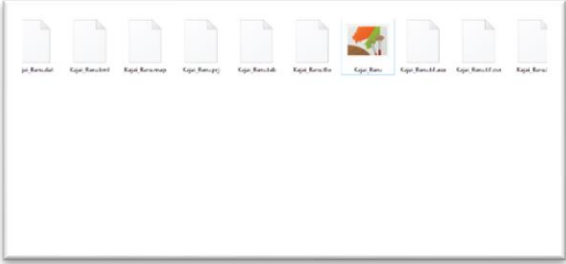
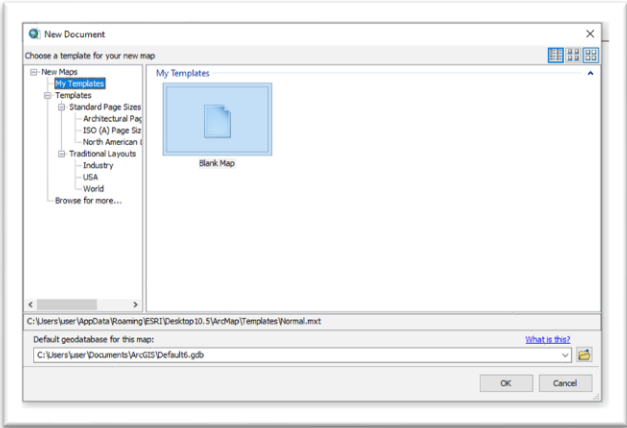
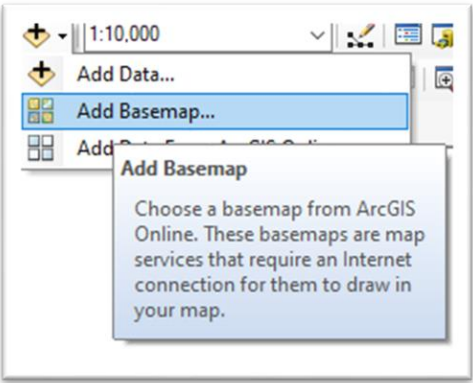
| | | |
|---|--|---|
| 5 |  | Berikut adalah hasil dari akuisisi data Sas Planet. |
|---|--|---|

Table 9 : Akuisisi Data SAS Planet

- Basemap

| NO | Screenshot | Deskripsi |
|----|--|---|
| 1. |  | Buka Aplikasi ArcMap dan pilih Blank Map. |
| 2. |  | Pilih menu add data lalu Add Basemap. |

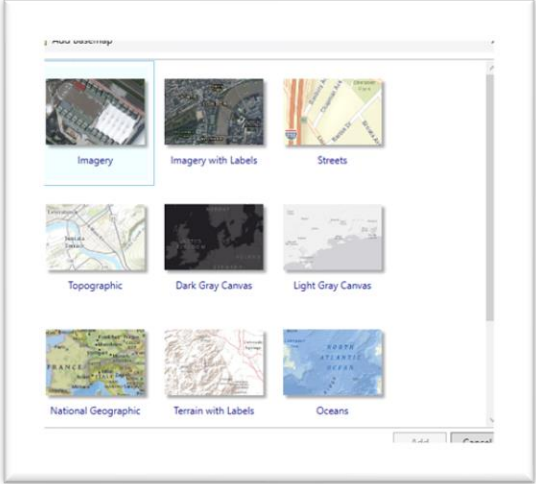
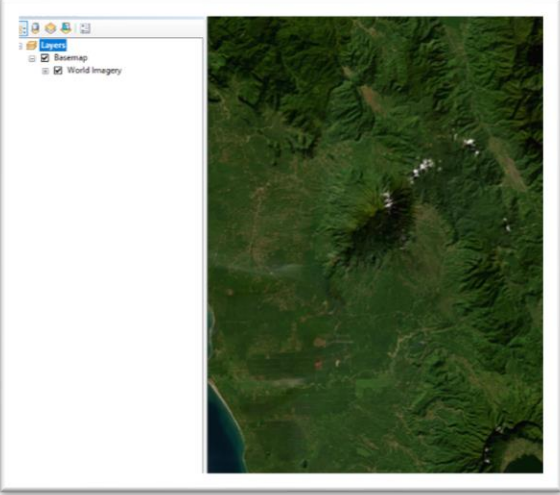
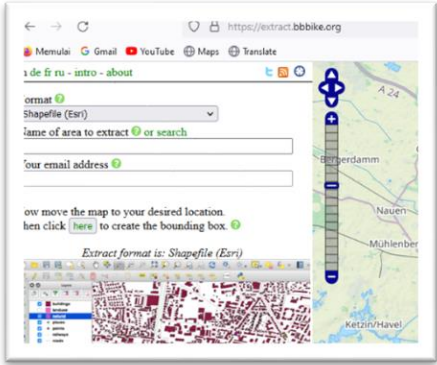


| | | |
|----|---|--|
| 3. |  | <p>Pilih peta dasar yang ingin digunakan.</p> |
| 4. |  | <p>Berikut adalah hasil import data basemap.</p> <p>Perlu diperhatikan bahwa penggunaan data basemap wajib terkoneksi pada internet dan akan memakan resource yang lebih banyak.</p> |

Table 10 : Penggunaan Data Basemap

3) Data OSM

| NO | Screenshot | Deskripsi |
|----|--|---|
| 1 |  | <p>Kunjungi website penyedia data OSM https://extract.bbbike.org/</p> |
| 2 |  | <p>Atur area dan ukuran area yang akan di download lalu klik Extract.</p> |
| 3 |  | <p>Tunggu beberapa menit hingga pihak OSM mengirim e-mail data yang sudah di minta lalu download.</p> |


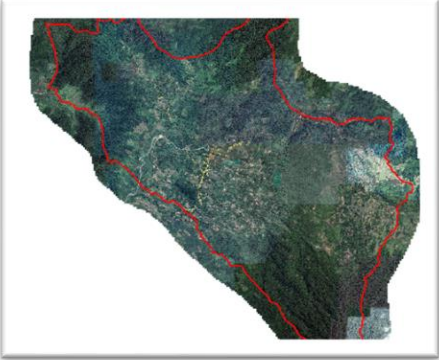
| | | |
|---|--|---|
| 4 |  | <p>Berikut adalah hasil data yang telah di Download dari website OSM.</p> <p>Rinciannya adalah berupa data bangunan, jalan, sungai, natural/vegetasi dan penggunaan lahan dalam bentuk shp.</p> |
|---|--|---|

Table 11 : Akuisisi Data OSM

2. Pengolahan Data

1) Pengolahan Citra ArcMap

| NO | Screenshot | Deskripsi |
|----|--|--|
| 1 |  | <p>Masukan AOI administrasi daerah penelitian dan citra daerah penelitian.</p> |

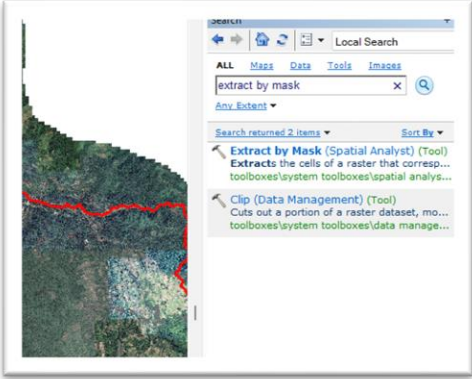

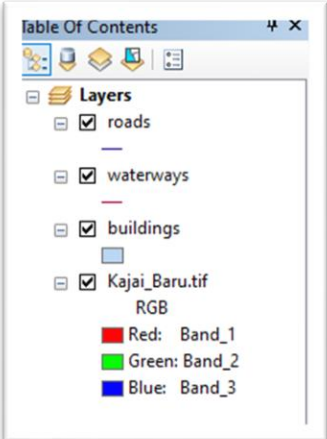
| | | |
|----------|---|--|
| <p>2</p> |  | <p>Gunakan Tools Extract by Mask untuk melakukan pemotongan citra.</p> |
| <p>3</p> |  | <p>Masukkan data shp yang di butuhkan seperti bangunan, jalan, dan sungai.</p> |

Table 12 : Processing Citra

2) ArcMap (Koreksi)

| NO | Screenshot | Deskripsi |
|----------|--|--|
| <p>1</p> |  | <p>Masukkan data yang sudah di download dari OSM dan SAS Planet/Basemap.</p> |

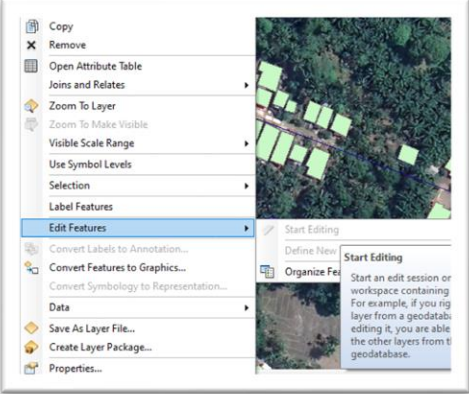
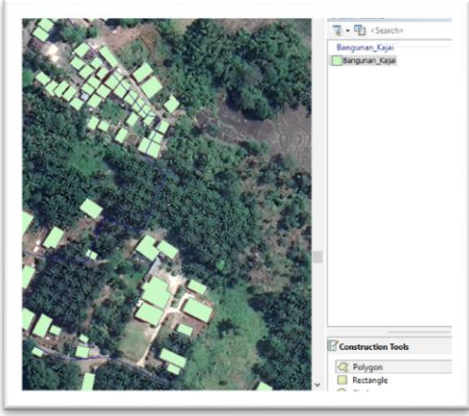
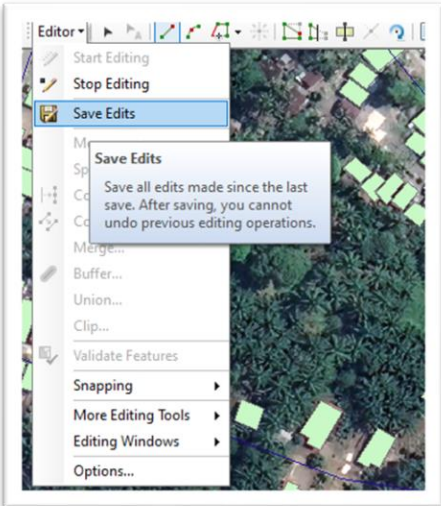
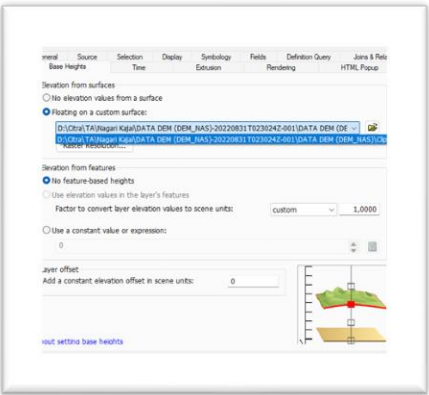
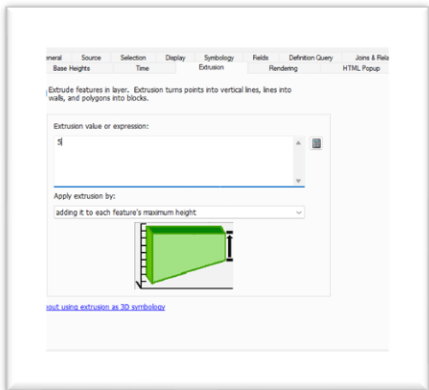
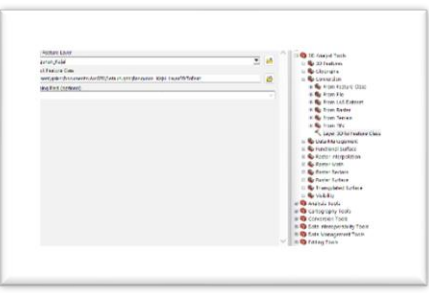
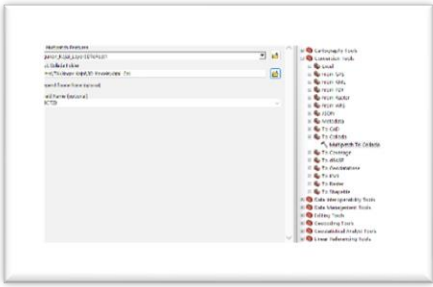

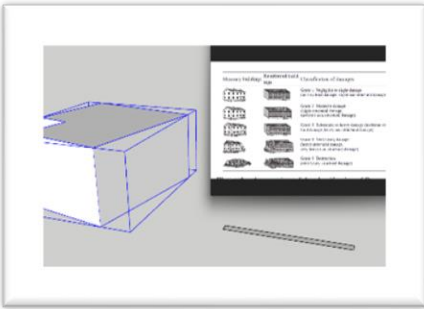
| | | |
|---|--|---|
| 2 |  | <p>Klik kanan pada shp yang akan di koreksi, pilih edit features lalu start editing.</p> |
| 3 |  | <p>Lakukan koreksi digitasi pada rumah yang belum di digit menggunakan create feature.</p> |
| 4 |  | <p>Jangan lupa untuk menyimpan hasil digitasi dan koreksi agar data yang sudah di koreksi tidak hilang.</p> |

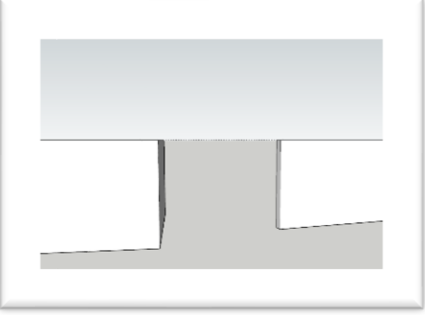
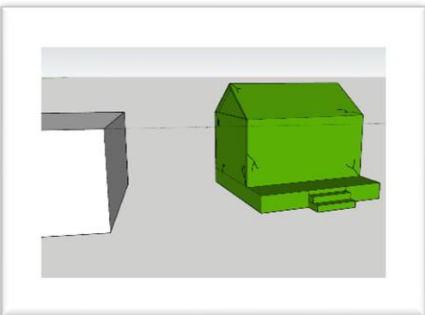
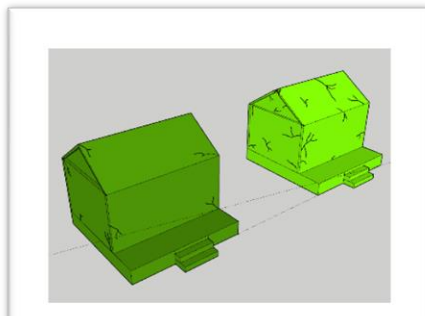
Table 13 : Proses Koreksi Peta Menggunakan ArcMap

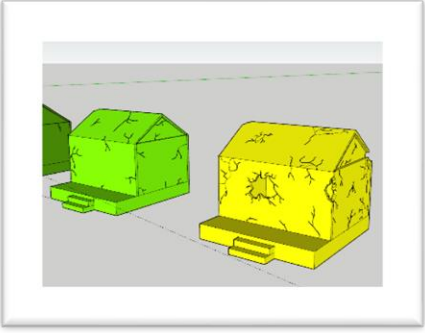

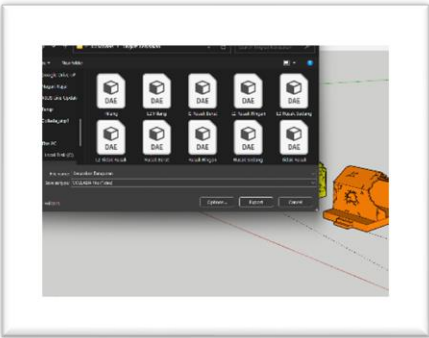
Gambar diatas merupakan model 3 Dimensi yang di buat dengan aplikasi *Arc Scene* dan design bangunan menggunakan aplikasi *SketchUp* dengan langkah sebagai berikut.:

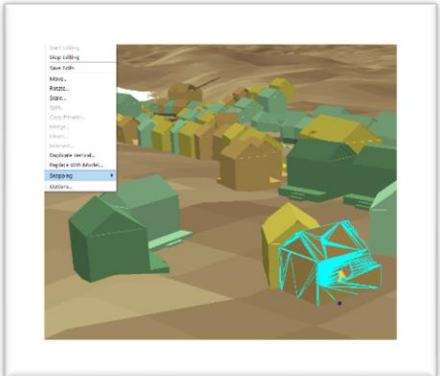
3) Desain 3D dan Input ArcScene

| NO | Screenshot | Penjelasan |
|----|---|---|
| 1 |  | <p>Pada tahap awal dilakukan pengolahan data shp bangunan yang akan di lakukan desain 3 Dimensi, dengan membuat dasar bangunan menggunakan aplikasi <i>ArcScene</i>.</p> <p>Buka <i>properties</i> dari shp lalu menuju tab <i>base heights</i> dan lakukan <i>settings</i> seperti gambar.</p> |
| 2 |  | <p>Setelah itu lanjut ke tab <i>Extrusion</i> dan isikan angka sesuai perkiraan agar tinggi bangunan terlihat secara realistis.</p> |
| 3 |  | <p>Lanjut ke menu <i>Arctoolbox</i>, <i>3D analyst - conversion - Layer 3D to Feature Class</i></p> <p>Ini dimaksudkan untuk melakukan konversi dari shp ke bentuk 3D solid dengan format DAE sehingga nantinya tiap</p> |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>bangunan dapat diganti menjadi desain lain dengan format yang sama.</p> |
| 4 |  | <p>Lalu ke menu <i>Conversion Tools – To Collada – Multipatch to Collada</i></p> <p>Ini dimaksudkan untuk melakukan <i>export</i> setiap 3D bangunan dengan format DAE untuk mengambil sample ukuran bangunan yang akan di desain.</p> |
| 5 |  | <p>Masuk ke aplikasi <i>SketchUp</i>, <i>Import</i> salah satu bangunan dari hasil <i>Collada</i> ArcScene sebelumnya.</p> |
| 6 |  | <p>Setelah itu lakukan pengukuran bangunan yang di <i>Import</i> sebelumnya dan mulailah membuat dinding pertama dari desain bangunan merujuk ke referensi yang di pakai menggunakan <i>Lines Tool</i>.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| 7 |  | <p>Gunakan <i>Tool Push/Pull</i> untuk melakukan tarikan dari garis 2D menjadi 3D, samakan ketinggiannya dengan sampel bangunan sebelumnya.</p> |
| 8 |  | <p>Berikan detail sesuai dengan tingkat LOD yang digunakan.</p> <p>Dalam kasus ini digunakan LOD Level 2.</p> |
| 9 |  | <p><i>Copy</i> bangunan sebelumnya dan lanjutkan pendesainan bangunan dengan tingkat kerusakan selanjutnya.</p> |

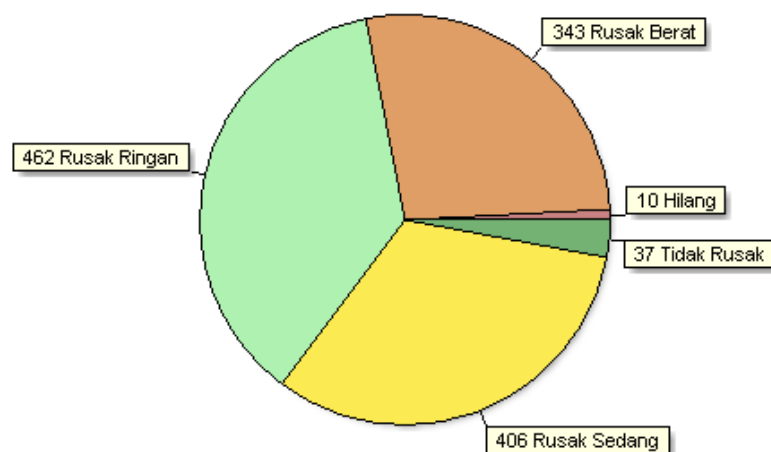
| | | |
|----|---|--|
| 10 |  | <p>Jangan lupa setiap jenis tingkat kerusakan memiliki tingkat detail yang lebih besar seperti retakan, reruntuhan, dan rekahan pada dinding bangunan.</p> |
| 11 |  | <p>Perhatikan setiap penjelasan dari referensi pen-desainan bangunan yang dilakukan, agar hasilnya nanti tidak melenceng dari perkiraan.</p> |
| 12 |  | <p>Terakhir lakukan <i>export</i> hasil desainan 1 persatu dengan mengambil menu <i>export</i> di tab file dan tempatkan di folder khusus hasil desainan 3D.</p> |

| | | |
|----|---|--|
| 13 |  | <p>Buka <i>ArcScene</i> lakukan editing pada file yang akan di olah, pilih salah satu jenis bangunan menggunakan <i>tool</i> <i>Edit Placement – Replace With Model...</i> - pilih file desainan dari <i>SketchUp</i>.</p> |
|----|---|--|

Tabel 14: Langkah Pembuatan.

Dari hasil diatas terdapat bentuk kontur perbukitan daerah penelitian dan jumlah bangunan yaitu 1.250 unit, jalan dan sungai. Dari jumlah dari data bangunan yang sudah di olah didapatkan perhitungan jumlah kerusakan bangunan yang bervariasi dengan rincian:




Graph of Klasifikasi



Gambar 19 : Diagram Rincian Kerusakan Bangunan

Pada gambar diatas merupakan hasil klasifikasi kerusakan bangunan dan visualisasi model 3 Dimensi kerusakan bangunan yang sudah di layout dengan aplikasi *ArcScene* 10.4.1 dengan melakukan kalibrasi ketinggian terrain dan desain bangunan menggunakan aplikasi *SketchUp*.

2. Dokumentasi Lapangan

| Foto | Detail |
|---|--|
|  | <p>0°10'02.5"N 99°55'51.6"E</p> <p>Kondisi bangunan rusak parah di jorong Tanjung Beruang.</p> |
|  | <p>0°09'16"N 99°55'33"E</p> <p>Kemiringan lereng yang mendukung kurangnya tingkat stabilitas batuan dan tanah.</p> |
|  | <p>0°09'02"N 99°55'36"E</p> <p>Tingkat kerusakan bangunan tempat tinggal yang disebabkan oleh struktur bangunan dan suatu patahan aktif.</p> |

| | |
|---|---|
|  | <p>0°09'14"N 99°55'38"E</p> <p>Kerusakan bangunan melewati kelompok permukiman dan perumahan yang menandakan jarak patahan dan bangunan berada dalam radius yang dekat.</p> |
|  | <p>0°10'08.6"N 99°56'17.5"E</p> <p>Contoh data kerusakan bangunan yang diambil dari kantor wali nagari kaji.</p> |
|  | <p>0°10'08.6"N 99°56'17.5"E</p> <p>Kunjungan ke kantor Wali Nagari Kaji untuk melakukan diskusi dan pengambilan data.</p> |

Tabel 15 : Dokumentasi Lapangan

Dokumentasi lapangan diatas dilakukan dengan maksud untuk menguji atau *Ground Check* lapangan untuk mencocokkan hasil 3 Dimensi dan data kerusakan bangunan dengan kenampakan di lapangan dari segi tingkat kerusakan bangunan dan topografi. Nagari kaji sendiri banyak terdapat perbukitan.



Gambar 20 : Daerah Perbukitan

B. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bentuk pemodelan visualisasi 3 Dimensi Kerusakan Bangunan di Nagari kajai diperoleh hasil perpaduan visualisasi Demnas dengan resolusi 8 Meter, yang mana Demnas sudah memiliki nilai DTM (*Digital Terrain Model*) dan nilai DSM (*Digital Surface Model*) yang menghasilkan nilai ketinggian yang memiliki resolusi 8 Meter dan Citra SAS Planet yang sudah diolah dengan resolusi yaitu 0,46 m-0,5 m untuk citra pankromatik dan 1,84m untuk citra multispectral dan di tumpang tindih dengan data Shapefile Kerusakan Bangunan yang di peroleh dengan digitasi *On Screen*, yang berlokasi di Nagari Kajai Kecamatan Talamau Pasaman Barat. Dimana sebelum divisualisasikan dalam model 3 Dimensi dilakukan terlebih dahulu tahapan digitasi Kerusakan Bangunan berdasarkan data KKL Fisik & Sosial tahun 2022 dengan data citra SAS Planet. Kemudian hasil digitasi tersebut di lakukan tumpang tindih dengan visualisasi 3 Dimensi menggunakan aplikasi Arc Scene.

Citra yang digunakan adalah citra SAS Planet kemudian di olah guna untuk memperbaiki koreksi geometric pada citra sehingga citra terkoreksi secara geometric koordinat bumi yang kemudian dapat digunakan dalam

pengolahan terutama pada pemodelan 3 Dimensi Kerusakan Bangunan Nagari Kajai.

Dalam melakukan pemodelan 3 Dimensi Kerusakan Bangunan terdapat data pendukung Shapefile bangunan sebagai data pendukung untuk mengetahui lokasi dan sebaran kelas Kerusakan Bangunan. Sehingga nanti dapat menampilkan 3 Dimensi data tersebut divisualisasikan dengan menggunakan data demnas. Demnas adalah data yang menampilkan informasi kenampakan bentang alam termasuk topografi tinggi rendahnya suatu permukaan bumi. Sehingga pada penelitian ini data DEM berperan penting untuk menampilkan kenampakan 3 dimensi penggunaan lahan.

Oleh karena itu pemodelan 3 dimensi dalam pengaplikasian ilmu penginderaan jauh dapat di tampilkan melalui penelitian ini yang mana dapat menampilkan kenampakan terrain dan tingkat kerusakan bangunan secara nyata, karena pada Nagari Kajai tersebut banyaknya perbukitan dan Kerusakan bangunannya dapat di aplikasikan kedalam 3 dimensi guna dapat menampilkan informasi yang mudah dimengerti dan dipahami, sehingga dapat dijadikan untuk memberikan informasi dampak kerusakan dari bencana dalam sektor penanggulangan bencana.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, adapun hasil kesimpulan yang dapat ditarik yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini telah berhasil membuath sebuah peta visualisasi 3 Dimensi *terrain* atau kenampakan alam yang di hasilkan dari perpaduan citra DEM dan Citra Sas Planet sebagai dasar untuk menampilkan kenampakan alam dan perbukitan dari peta tersebut. Di Nagari Kajai sendiri banyak ditemui perbukitan dan sungai-sungai, karena Nagari Kajai sendiri masih tergolong asri dan belum terpusat pada pembangunan. Selain itu, kegiatan penduduk di daerah ini lebih dominan pada pertanian dan perkebunan.
2. Berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data KKL dan observasi lapangan yang diolah dengan aplikasi *SketchUp* dan ArcGis didapatkan data 5 klasifikasi kerusakan bangunan 3 dimensi LOD Level 2 dengan rincian sebagai berikut, 37 rumah tidak rusak, 496 rumah rusak ringan, 390 rumah rusak sedang, 317 rumah rusak berat, dan 10 rumah hancur atau hilang.

B. Saran

Setelah proses penelitian ini dilakukan, ada beberapa saran yang dapat peneliti berikan antara lain sebagai berikut:

1. Untuk dapat memberikan tingkat ketelitian yang lebih baik, di harapkan menggunakan foto udara Drone pasca gempa bumi terjadi.
2. Pada pembuatan peta 3 Dimensi ini di harapkan untuk memiliki spesifikasi hardware yang mensupport dan memadai karena aplikasi dan rendering memakan cukup banyak resource dari PC seperti *Processor*, *VGA (Video Graphic Adapter)*, *RAM (Random Access Memory)*, dan *Hard Disk*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. dan A. H. Prabowo DA, Nugroho T, “Modul Pengenalan GIS, GPS & Remote sensing.,” Dept. GIS. Jakarta, 2005.
- [2] K. and C. Lillesand, “Remote Sensing and Image Interpretation 6 th Edition,” Wiley, United States., 2007.
- [3] Kenneth Field, “Kingston Centre for GIS,” Kingst. Univ. London., 2002.
- [4] and A. R. Sudjana, Nana, Media Pengajaran (Penggunaan & Pembuatannya). Sinar Baru Aglesindo, Bandung, 2011.
- [5] M. Rondhi and A. Sumartono, Tinjauan Seni Rupa 1. Universitas Negeri Semarang, 2002.
- [6] and R. W. K. Lillesand, Thomas M., Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1979. 624 p, 1979.
- [7] I. Sadewa, D. A., Hermawan, E., & Yanuarsyah, “Identifikasi Pola Perubahan Urban Sprawl Menggunakan Cloud Computing Google Earth Engine Berbasis Web Gis (Studi Kasus: Kecamatan Jonggol, Jawa Barat).,” INFOTECH J., 2021.
- [8] E. Prahasta, “Sistem informasi geografis.” Bandung: Informatika.,” Bandung Inform., 2005.
- [9] A. N. Rafitricia, “Pembuatan Basis Data Untuk Visualisasi Model 3D Penggunaan Gedung (Studi Kasus: Gedung Teknik Geomatika, UPMB Dan UPMS Kampus ITS).,” PhD diss., Inst. Teknol. Sepuluh Nopember., 2016.
- [10] R. F. Rankin, C. H., Abrams, T., Barry, R. J., Bhatnagar, S., Clayton, D. F., Colombo, J., ... & Thompson, “Habituation revisited: an updated and revised description of the behavioral characteristics of habituation.” Neurobiol. Learn. Mem., 2009.
- [11] A. B. Duantari, N., & Cahyono, “Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Model) dari LIDAR (Light Detection and Ranging) dan foto udara dalam pembuatan kontur peta rupa bumi Indonesia.” J. Tek. ITS, 2017.
- [12] E. 2009. Hartuti, Rine, Buku Pintar Gempa. DIVA Press., 2009.
- [13] P. Ballatore, A., & Mooney, “Conceptualising the geographic world: the dimensions of negotiation in crowdsourced cartography.” Int. J. Geogr. Inf. Sci., 2015.
- [14] J. A. Howard, “Penginderaan Jauh untuk Sumberdaya Hutan.” Yogyakarta Gajah Mada Univ. Press, 1996.
- [15] and N. S. Sugandi, Dede, Lili Somantri, “Sistem informasi geografis.” urusan Pendidik. Geogr. Fak. Pendidik. Ilmu Pengetah. Sos. Univ. Pendidik. Indoneisa Bandung, 2009.
- [16] D. Darmawan, “Google SketchUp Mudah dan Cepat Menggambar 3Dimensi.” Penerbit Andi, Jakarta., 2009.